



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Arbejdstilsynet informerer INFRALYD (in Danish)

Møller, Henrik; Skotte, Jørgen; Magierkiewicz, Halina

Publication date:
1984

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Møller, H., Skotte, J., & Magierkiewicz, H. (1984). *Arbejdstilsynet informerer INFRALYD (in Danish)*. Direktoratet for arbejdstilsynet. Arbejdstilsynet informerer Bind August 1984

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Arbejdstilsynet informerer

INFRALYD

august 1984



ISBN 87-7534-225-1

Louise tryk A/S Greve

Indhold

Forord	4
Hvad er infralyd?	5
Hvordan måles infralyd?	7
Hvor opstår infralyd?	13
Hvordan virker infralyd på mennesker?	18
Findes der regler om infralyd?	20
Hvordan undgås infralyd?	22
Konklusion	30

Arbejdstilsynet informerer

INFRALYD

Direktoratet for arbejdstilsynet 1984

Forord

Siden slutningen af 1960'erne er der med jævne mellemrum fremkommet beretninger om, hvordan infralyd fra f.eks. ventilationsanlæg og transportmidler har givet gener som hovedpine, kvalme, svimmelhed og lignende. Hvorvidt det virkelig er infralyd, som er skyld i generne, har ofte været svært at afgøre, idet infralyd næsten altid forekommer sammen med andre miljøfaktorer, som i stedet kan være årsagen.

Infralyd findes i dag næsten overalt, hvor mennesker færdes, og dens forekomst i forskellige arbejdsmiljøer er stigende.

Men hvad er infralyd egentlig og hvordan påvirker den mennesker?

Disse og andre spørgsmål forsøges besvaret i denne vejledning.

Publikationen, der er udarbejdet af Henrik Møller, Ålborg Universitetscenter, Jørgen Skotte, Arbejdsmiljøinstituttet og Halina Magierkiewicz, Arbejdstilsynets støjsekretariat, henvender sig til medlemmer af virksomhedernes sikkerhedsorganisationer og andre med interesse for arbejdsmiljøforhold.

Erik Andersen

1. Hvad er infralyd?

Når man skal forklare, hvad infralyd er, må man starte med at forklare, hvad lyd er.

Lydtryk

Lyd er svingninger i et elastisk materiale, for eksempel luft. Svingningerne fremkalder trykvariationer, som påvirker øret og omsættes til et sanseindtryk. Disse trykvariationer er meget små. Den svageste lyd, vi er i stand til at høre, er ca. 0,00002 Pa (Pa er en forkortelse for Pascal, som er enhed for tryk). Det normale tryk, vi er omgivet af, d.v.s. atmosfæretrykket, svarer til ca. 100.000 Pa. Vi er altså i stand til at høre ændringer på en fem milliardedel af atmosfæretrykket.

Bølgelængde Frekvens

Lyd udbreder sig som bølger med en hastighed af ca. 340 meter per sekund (340 m/s) i luften. Afstanden mellem bølgetoppene kaldes en bølgelængde, mens antallet af tryksvingninger i sekundet kaldes lydens frekvens eller tonehøjde. Der er en sammenhæng mellem disse størrelser. Matematisk kan det skrives således:

$$\text{frekvens} \times \text{bølgelængde} = \text{lydhastighed}.$$

Bølgelængden måles i meter og frekvensen i Hertz, som forkortes Hz. I tabel 1 er vist nogle sammenhørende værdier af frekvens og bølgelængde.

Frekvens målt i Hz:	1	10	100	1000	10000
Bølgelængde målt i m:	340	34	3,4	0,34	0,034

Tabel 1. Nogle sammenhørende værdier af frekvens og bølgelængde for lydbølger.

Ørets følsomhed

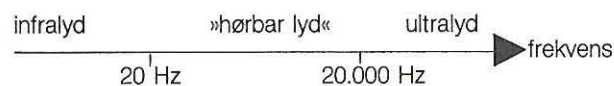
Mennesket hører ikke lige godt ved alle frekvenser. Øret har største følsomhed ved 3.000-4.000 Hz, men hele området 20-20.000 Hz regnes normalt med til det såkaldte

Ultra- og infralyd

»hørbare« område. Indenfor dette frekvensområde ligger alt det, vi normalt opfatter som lyd, f.eks. tale og musik samt de fleste former for støj.

Musikken er fordelt med de dybeste bas- og orgeltoner i den lave ende i nærheden af de 20 Hz, mens f.eks. triangel og bækkener ligger i den anden ende op mod 20.000 Hz.

Lyde med frekvenser over ca. 20.000 Hz kaldes ultralyd, mens lyde med frekvenser under ca. 20 Hz kaldes infralyd. Denne opdeling er illustreret i figur 1. Infralyd er altså helt almindelige lydbølger, blot med så lav frekvens, at de ligger under det normale »hørbare« område.



Figur 1. Opdeling af lyd efter frekvensen.

Selv om infralyd ligger under det hørbare frekvensområde, er mennesket ikke totalt døvt overfor infralyd. I visse tilfælde kan infralyd faktisk høres. Det står der mere om i afsnit 4.

Infralyd findes mange steder i vores hverdag. Vi møder den blandt andet i transportmidler, i mange industrivirksomheder og på steder, hvor der er ventilationsanlæg. Afsnit 3 handler mere detaljeret om kilderne til infralyd.

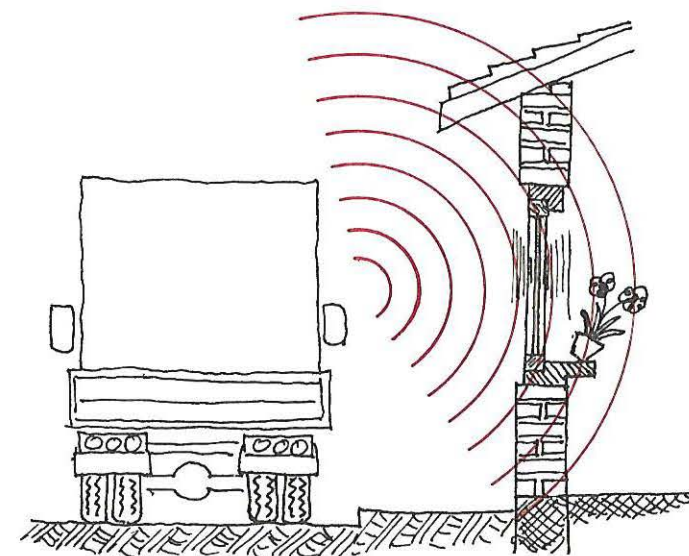
Vibrationer

Når man taler om lyd, regner man i almindelighed med, at bølgeudbredelsen sker i luft eller eventuelt en væske. Findes svingningerne i faste stoffer, taler man normalt om vibrationer og strukturlyd.

Lyd og vibrationer findes ofte samtidigt, blandt andet fordi de kan forårsage hinanden. I figur 2 frembringer maskinen vibrationer i gulvet. Disse svingninger forplan-



Figur 2. Maskinen frembringer vibrationer i gulvet. Disse sætter luften i bevægelse, og der opstår lyd.



Figur 3. Lastbilen her udsender lyd, som får et vindue til at vibrere.

Lyd i luft

tes til luften, og der opstår lyd. I figur 3 overføres lydsvingninger fra lastbilen til ruden, som vibrerer og måske klirrer.

Selv om lyd og vibrationer har en hel del at gøre med hinanden, er det vigtigt at skelne mellem de to begreber, blandt andet fordi mennesket reagerer forskelligt overfor dem, og fordi de måles på forskellig måde. Vibrationer findes ofte ved frekvenser under 20 Hz, og der sker derfor særlig ofte en sammenblanding af begreberne infralyd og vibrationer. **Husk: Infralyd er lydsvingninger i luft med frekvenser under 20 Hz.**

Hvor langt nedad i frekvens man vil bruge udtrykket infralyd, er der delte meninger om. Meteorologer, som måler infralyd fra stormvejr og torden, vil gå meget langt ned, måske til 0,002 Hz, svarende til svingningstider på flere minutter. I arbejdsmiljøsammenhæng går man sjældent under 0,1 Hz, og normalt nøjes man med at gå ned til 2 Hz.

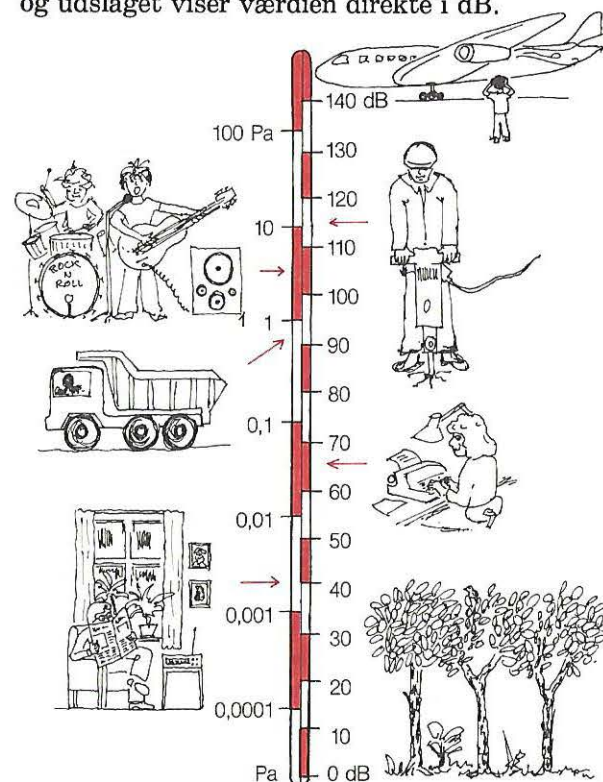
2. Hvordan måles infralyd?

Decibelskala

I det foregående afsnit blev der benyttet enheden Pascal for lydens styrke. Den svageste lyd, vi kan høre, er som nævnt 0,00002 Pa, mens en lyd, der er så kraftig, at det gør ondt i øret, er på ca. 20 Pa. Det er ikke særlig praktisk med så stort et område. Man har derfor indført en logaritmisk decibelskala (dB-skala) til angivelse af lydstyrke.

Støjmåling

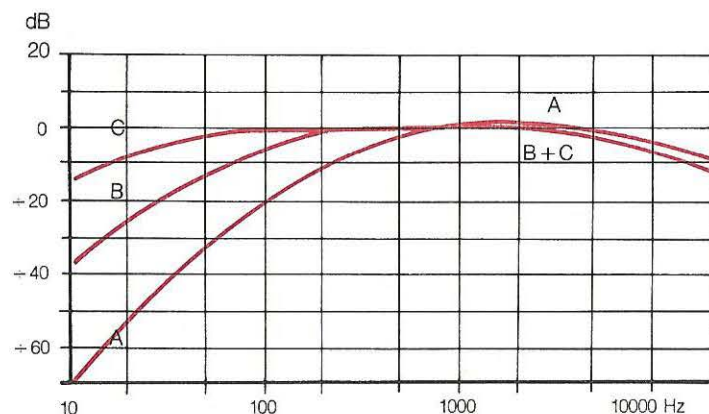
På figur 4 ses sammenhængen mellem dB og Pa, ligesom der også er vist nogle typiske lydtryk-niveauer fra forskellige støj-kilder. Støj måles med en lyd- eller støjmåler, og udslaget viser værdien direkte i dB.



Figur 4. Sammenhængen mellem dB og Pa. Desuden er vist nogle typiske niveauer for forskellige støj-kilder.

A-vægtning

Som nævnt er øret ikke lige følsomt overfor alle frekvenser. Når man måler støj, er man derfor ofte ikke interesseret i støjens reelle fysiske styrke, men ønsker snarere at vide, hvordan øret opfatter den. Derfor har man i lyd-målere indført såkaldte vægtningskurver eller filtre, som indkobles ved målingen, og som gør, at de frekvenser, som øret opfatter mindre kraftige, ikke »tælles så kraftigt med«. I figur 5 er vist, hvor meget disse filtre dæmper de forskellige frekvenser. Det mest benyttede filter er A-filretet, og et lydtryk målt med dette filter angives i dB(A).



Figur 5. Frekvenskarakteristik for de forskellige filtre, der anvendes ved lydmålinger.

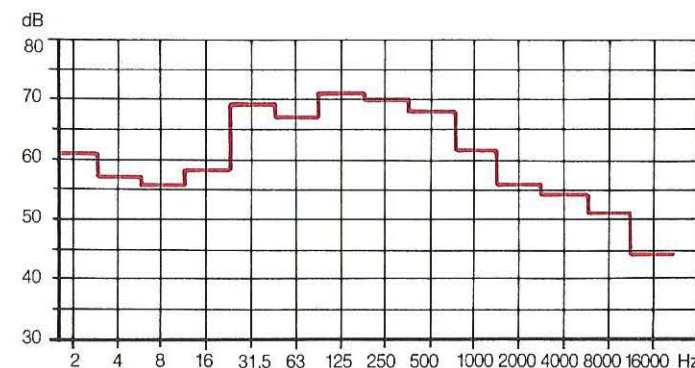
dB(lin)

Fælles for alle disse filtre er, at de ikke lader infralyden passere, hvorfor denne normalt ikke måles med ved støj-målinger. Måling af infralyd forudsætter, at vægtningskurverne kan udkobles, hvilket ikke er tilfældet for alle lydmålere. Hvis lydtrykket måles uden vægtningskurve, siger man, at det er målt »lineært«, og resultatet angives i dB(lin). Man kan dog ikke være sikker på, at en lineær måling omfatter frekvenser helt ned til 2 Hz. Det vil i hvert enkelt tilfælde være nødvendigt at undersøge specifikationer for det anvendte apparatur.

Frekvensanalyse

En måling med en lydmåler giver kun et tal for lydens styrke. Man får altså ingen information om lydens frekvens. Hvis man ønsker oplysning herom, må man foretage en frekvensanalyse. I denne »fordeles« lyden på forskellige frekvensbånd, hvorefter lydtrykket måles separat i hvert af disse.

I figur 6 er vist resultatet af en frekvensanalyse af et støjsignal fra et møntvaskeri. På figuren er frekvensen angivet ud ad den vandrette akse, mens lydtrykniveauet er vist på den lodrette akse. Det kan f.eks. aflæses, at der i området omkring 31,5 Hz var et lydtrykniveau på 69 dB, omkring 63 Hz var der 67 dB o.s.v.



Figur 6. Frekvensanalyse af støj i møntvaskeri.

Oktavanalyse 1/3 oktavanalyse

Der er her tale om en oktavanalyse, hvor afstanden mellem de frekvenser, lyden deles op mellem er en oktav. (Når afstanden mellem to frekvenser er en oktav, betyder det, at den ene frekvens er det dobbelte af den anden). Hvis man ønsker en mere detaljeret frekvensanalyse, kan man benytte en 1/3 oktavanalyse eller evt. en smalbåndsanalyse. Den mest anvendte for infralyd er 1/3 oktavanalysen, som er benyttet i resten af denne vejledning.

Enkelte transportable lydmålere er i stand til at lave en frekvensanalyse, men oftest foretages den med stationært udstyr, evt. på grundlag af en båndoptagelse af støjen. Hvis man vil måle infralyd, må man være opmærksom på, at alt det anvendte udstyr må være i stand til at overføre frekvenser ned til 2 Hz. Båndoptageren udgør her et særligt problem, idet kun helt specielle båndoptagere, FM-båndoptagere, er i stand til at optage infralyd.

Tommelfingerregel

infralyd

Det kan være en temmelig kompliceret sag at lave en frekvensanalyse af infralyd. Derfor vil det ofte være rart at have en vis sikkerhed for, at der faktisk er infralyd tilstede, og at analysen er nødvendig. Der findes heldigvis en nem og ret sikker metode til vurdering heraf. Der skal bruges en lydmåler med frekvensområde ned til 2 Hz. Med denne måles lyden i stillingerne lineær og C-vægtet. Hvis forskellen på de to tal (dB(lin) og dB(C)) er mere end 5-10 dB, er der formodentlig en del infralyd til stede, og en fuldstændig frekvensanalyse bør foretages.

Tommelfingerregel

lavfrekvent
støj

Det normalt anvendte A-filter dæmper kraftigt lavfrekvent støj under 100 Hz. Ønsker man at vurdere tilstedeværelsen af denne, kan en tilsvarende tommelfingerregel benyttes. Støj måles i stillingerne C- og A-vægtet. Hvis forskellen på de to tal (dB(C) og dB(A)) er mere end 5-10 dB, er der en del lavfrekvent støj tilstede.

Når man måler infralyd indendørs, må man være opmærksom på, at lydtrykket kan variere temmelig meget indenfor samme rum. I visse punkter kan bestemte frekvenser ligefrem forsvinde helt. Dette sker dog ikke i hjørnerne. Det er derfor nødvendigt at måle flere steder i rummet, og et af punkterne bør altid være i et hjørne.

3. Hvor opstår infralyd?

Naturen

Der findes en lang række kilder til infralyd. En del af dem er naturlige, f.eks. tordenvejr, vulkanudbrud, vandfald og havbølger, men langt de fleste er menneskeskabte.

Menneskeskabte

De to almindeligste årsager til infralyd, er vibrerende maskindele eller strømmende luft.

Vibrerende
maskindel

Hvis en maskindel vibrerer med en frekvens i infralydområdet, kan svingningerne overføres til luften og derved udbrede sig som infralyd. Jo større maskindelen er og jo kraftigere vibrationer, jo højere bliver lydtrykket. Særlig galt bliver det, hvis maskinen ikke er vibrationsisoleret og derfor i stand til at sætte hele gulvet i svingninger, som derfra overføres til luften og i værste fald gennem bygningen til andre rum.

Strømmende
luft

Hvor der findes store strømmende luftmængder (f.eks. i skorstene og ventilationsanlæg), kan infralyd opstå ved, at luften danner hvirvler ved knæk eller fremspring i luftkanalen. Disse hvirvler udsender støj, som indeholder mange frekvenser, men nogle få frekvenser bliver særlig kraftige, fordi de forstærkes i skorstenen eller luftkanalen, som da virker som en fløjte.

Luftstrømmen kan også fra starten »indeholde« infralyden, sådan som det er tilfældet fra stempelmotorer og kompressorer. Her udsendes en pulserende luftstrøm fra motorens eller kompressorens cylinder. Hvis antallet af pulsationer per sekund ligger under 20, fås infralyd.

Nedenfor er nævnt nogle vigtige infralydkilder, og for nogles vedkommende er der vist frekvensanalyser. Oftest findes infralyden sammen med støj i det hørbare område, og frekvensanalyserne dækker både dette og infralydområdet.

Transportmidler

De fleste transportmidler skaber infralyd. Det gælder f.eks. biler, busser, lastbiler, tog, skibe, propel- og jetfly, helikoptere. For dem alle gælder, at infralyden ikke alene findes indvendig, men at den også udbreder sig i luften omkring dem. Infralyden opstår både på grund af vibrationer fra motoren og på grund af lufthvirvler omkring transportmidlet.

Personbil

I figur 7 er vist en frekvensanalyse af lyden på forsædet af en almindelig personbil, som kører 100 km i timen. Det ses, at der er ret høje lydtryk ved infralydfrekvenserne. Særlig kraftig er lyden ved 20 Hz, nemlig 111 dB. Dette skyldes, at et sidevindue er åbent, hvorved bilen kommer til at virke som en slags fløjte, hvor luften blæser hen over vinduet. Hvis vinduet lukkes, forsvinder toppen ved 20 Hz, men der vil stadig være langt over 100 dB i infralydområdet. Hvor kraftig infralyden bliver i en bil, afhænger af en lang række faktorer, f.eks. vejoverflade, hastighed, motor, dæk, affjedring, vind samt bilens aerodynamiske udformning.

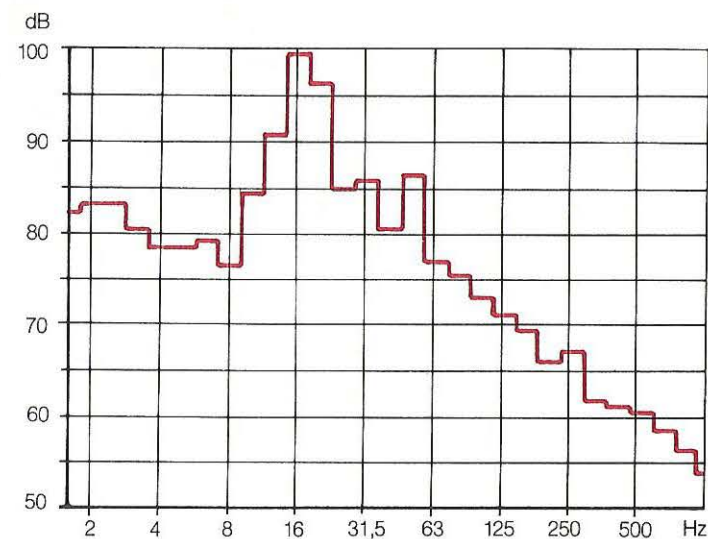


Figur 7. Frekvensanalyse af støj i en almindelig personbil. En forrude er åben, og farten er 110 km i timen.

Bilfærge

Frekvensanalysen i figur 7 viser støjen inde i bilen, men infralyden kan også udstråles udenfor, især ved lastbiler og busser. Disses dieselmotorer kører ofte med omdrejningstal, som svarer til frekvenser i infralydområdet, og da de anvendte lydpotter sjældent virker ved så lave frekvenser, kan der udstråles meget infralyd, specielt ved tomgang.

I figur 8 er vist et typisk frekvensspektrum fra en bilfærge. Færgens langtsomtgående motor giver spidserne ved 16, 31,5 og 50 Hz, hvor lydtrykniveauet er henholdsvis 99, 85 og 86 dB.



Figur 8. Frekvensanalyse af støj på nederste agterdæk på en bilfærge.

Industri

I industrien er de mest udbredte infralydkilder kompressorer, turbiner, langtsomtgående motorer, vibratorer, ovne og ventilationsanlæg.

Stålværk

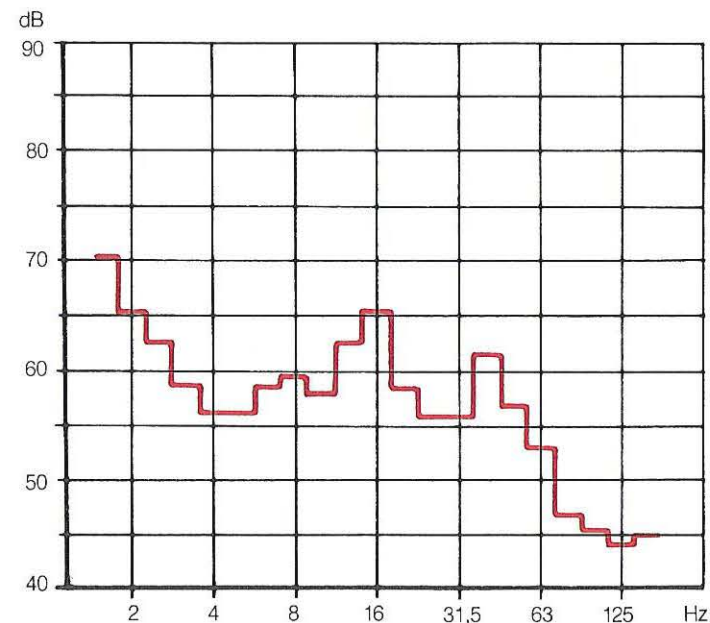
Figur 9 viser støjen i et elektrostålværk, hvor stål smeltes ved hjælp af en lysbue. En dominerende frekvens er her 100 Hz, hvilket skyldes, at lysbuen tænder og slukker 100 gange pr. sekund. Lydtrykket i infralydområdet er dog lige så stort. Dette skyldes ud over »skramlen« af stål i ovnene et meget stort udsugningsanlæg, som fjerner gasser fra smelteprocessen.



Figur 9. Frekvensanalyse af støjen i elektrostålværk.

Ventilationsanlæg

Også mindre ventilationsanlæg laver infralyd. I figur 10 er vist støjen fra et ventilationsanlæg i en nyere kontorbygning. Sådanne anlæg afgiver ikke de helt store infralydniveauer, men de er til gengæld så udbredte, at overordentlig mange mennesker udsættes for støj derfra i mange timer hver dag, eller - hvor de findes i boliger - måske døgnet rundt.



Figur 10. Frekvensanalyse af støjen fra ventilationsanlæg i et mødelokale i en nyere kontorbygning.

Infralyd kan bruges

Der findes adskillige oversigter over infralydkilder med angivelse af udsendte niveauer. De er imidlertid målt på vidt forskellig måde, og man må være forsigtig med brugen af dem.

I alle de ovenstående eksempler er infralyd opstået som et utilsigtet biprodukt, men infralyd kan også bruges til nyttige formål. For eksempel kan den anvendes ved rensning af tekstilfiltre, idet infralyden her kan give kraftige luftbølger i og omkring stoffet, og snarere nærmest rystes eller rives af. Man har også brugt infralyd til rensning af historiske klædedragter, idet det har givet en effektiv og mere skånsom rengøring end andre metoder. Infralyd kan også bruges til rensning af store industri- og kraftværkskedler. Nogle steder bruges en måling af den udsendte infralyd til overvågning af kraftværker.

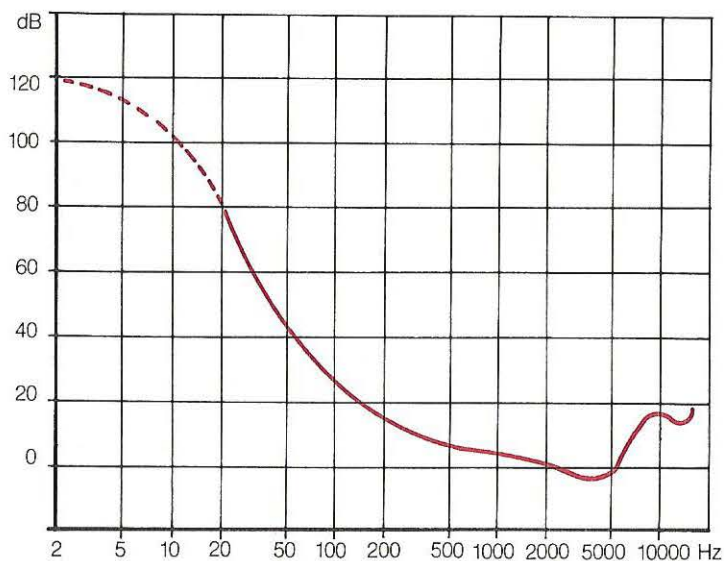
4. Hvordan virker infralyd på mennesker?

Infralyd kan høres

Det er en udbredt opfattelse, at den menneskelige hørelse kun dækker frekvensområdet 20-20.000 Hz, og at infralyd derfor ikke kan høres. Dette er imidlertid ikke korrekt. Hvis lydtrykket bliver stort nok, er man i stand til at høre toner i hvert fald ned til 2 Hz.

Tærskelværdier

Som nævnt i afsnit 1 er øret ikke lige følsomt overfor alle frekvenser. Man taler om, at der til en given frekvens er knyttet en bestemt tærskelværdi, som lydtrykket skal være over, før tonen er hørbar. På figur 11 er vist en kurve over sådanne tærskelværdier i frekvensområdet 2-15.000 Hz. Det ses, at når frekvensen sænkes, skal der



Figur 11. Tærskelværdi for hørbarhed af rene toner i frekvensområdet 2 Hz - 15.000 Hz. Den fuldt optrukne kurve følger de standardiserede værdier, medens den punkterede del blandt andet er baseret på resultaterne fra en engelsk undersøgelse.

større og større lydtryk til, før tonen er hørbar. Omkring 15 Hz forsvinder opfattelsen af lyden som en tone, lyden bliver mere ru og virker som en trykken for ørerne. Fra omkring 5 Hz kan man opfatte de enkelte svingninger.

Bemærk i øvrigt, at de i figurerne 7, 8 og 9 viste infralyd-niveauer er hørbare, mens niveauet i figur 10 ligger klart under høretærsklen.

Kropsvibrationer

Det må pointeres, at infralyden virkelig opfattes gennem øret. Der er altså ikke tale om, at man fornemmer tonerne »med maven« eller lignende. Ved lydtryk noget over tærskelværdien kan der dog forekomme kropsvibrationer, men dette er langt mere almindeligt for frekvenser i området 20-100 Hz.

Andre lyde »vibrerer«

Ved de store lydtryk, der skal til, før infralyd høres, bevæges trommehinden og knoglerne i mellemøret kraftigt. Når trommehinden er presset væk fra sin normale stilling, overføres den almindelige lyd dårligere, og øret opfatter derfor andre lyde med varierende styrke i takt med infralydens svingninger. Noget lignende sker med den menneskelige stemme. Infralyden puster luft ind og ud af lungerne, og den varierende luftstrøm igennem struben får tale til at lyde »vibrerende«.

Hørbar infralyd generer

Eftersom infralyden kan høres, kan man forestille sig, at den ved stigende lydtryk kan blive ubehagelig at høre på og måske ligefrem forårsage smerte ligesom almindelig støj. Det har da også vist sig at være tilfældet, og man har yderligere vist, at lydtrykket ikke skal ret langt over tærskelværdien, før infralyd bedømmes som kraftig og generende.

Forsøg viser, at jo lavere frekvens jo højere lydtryk skal der til før der forekommer nogen gene. Til gengæld jo lavere frekvens desto kraftigere stiger genevirkningen selv ved små stigninger af lydtrykket.

Infralyd og anden støj	Infralyd findes ofte sammen med almindelig støj. Om dette har betydning for genevirkningen vides ikke. Man kan både tænke sig en forstærkende og en afsvækkende virkning. Det sidste kunne i givet fald skyldes, at der sker en såkaldt maskering, så man ikke lægger så meget mærke til infralyden, når der er anden støj til stede.
Lavfrekvent støj	Af tærskelværdikurven i figur 11 fremgår det, at der ikke er en skarp overgang fra »hørbar« lyd til infralyd. Det vil derfor også være forkert at skelne skarpt mellem virkninger af infralyd og virkninger af støj over 20 Hz. I øvrigt har det vist sig, at mange af de gener, man umiddelbart tror skyldes infralyd, snarere forårsages af frekvenser i området 20-100 Hz. Dette frekvensområde dæmpes kraftigt i det normalt anvendte A-filter, og ved en dB(A) måling undervurderes ubehaget fra sådanne frekvenser derfor.
Høreskader	Ligesom almindelig støj kan infralyd give høreskader. For infralyds vedkommende skal der dog meget højere lydtryk til. Mens det for almindelig støj gælder, at længere tids påvirkning med 80-90 dB(A) eller mindre kan give høreskader, regner man med, at 120-130 dB er nødvendigt, før noget tilsvarende ses for infralyd.
Tryk i mellemøret	Ved infralydniveauer over 120 dB kan der opstå et over- eller undertryk i mellemøret, hvorved trommehinden presses ud i en yderstilling. Dette kan være ledsaget af en let smerte, som også kendes i forbindelse med trykforandringer i startende og landende fly. Synkebevægelser kan eventuelt hjælpe. Trykket forsvinder kort efter lyd-påvirkningens ophør.
Svimmelhed	Kraftig infralyd kan påvirke ligevægtssansen. Det skyldes, at ligevægtsorganet er en del af det indre øre og infralydsvingningerne kan overføres gennem en væskekanal til ligevægtsorganet. Dette kan resultere i svimmelhed. Der er nogen uenighed om, ved hvilke niveauer dette

Andre gener? Gener under tærsklen

sker, men under 130 dB er der ikke vist nogen påvirkning af raske personer.

Udover den direkte gene ved at infralyd kan være hørbar, nævnes der jævnligt en række andre symptomer i forbindelse med infralyd i hverdagen: træthed, hovedpine, kvalme, koncentrationsbesvær, hjertebanken, blodtryksændringer m.m. Nogle mener, at disse symptomer kan forårsages af infralyd under tærskelværdien. Om det virkelig er infralyd som er skyld i generne, er ofte svært at afgøre, idet infralyd næsten altid forekommer sammen med andre miljøfaktorer, som i stedet kan være årsagen.

Det kan ikke udelukkes, at der i visse situationer kan optræde kombinationseffekter, d.v.s. forstærkende gene eller skadevirkning ved samtidig påvirkning af flere miljøfaktorer, heriblandt infralyd.

Laboratorie- forsøg

Der har været udført en del laboratorieforsøg, hvor forsøgspersoner er blevet udsat for kontrolleret infralydpåvirkning. I forsøgene har man undersøgt infralyds eventuelle indvirkning på en række fysiologiske størrelser som blodtryk, puls, vejrtrækning, mavesyreproduktion samt koncentrationen af forskellige stoffer i blod og urin. Desuden har man systematisk udspurgt forsøgspersoner om deres indtryk fra infralydpåvirkninger, og man har undersøgt arbejds- og koncentrationsevnen ved hjælp af reaktionstidsmålinger, regneopgaver, hukommelsesprøver m.m. Lydpåvirkningerne har været uhørbar og hørbar infralyd ved lydtrykniveauer, som forekommer i hverdagen, d.v.s. op til ca. 130 dB.

Resultaterne fra disse forsøg viser ingen virkninger af infralyd med niveauer under høretærskelen. De fundne virkninger af hørbar infralyd svarer derimod til virkningen af almindelig støj af tilsvarende subjektive styrke.

5. Findes der regler om infralyd?

Danmark

I Danmark findes der ikke i øjeblikket regler for, hvor kraftig infralyd må være på arbejdspladser og i boliger. Der findes heller ikke regler for, hvordan infralyden skal måles. Det må dog anbefales at følge de amerikanske retningslinier (se nedenfor).

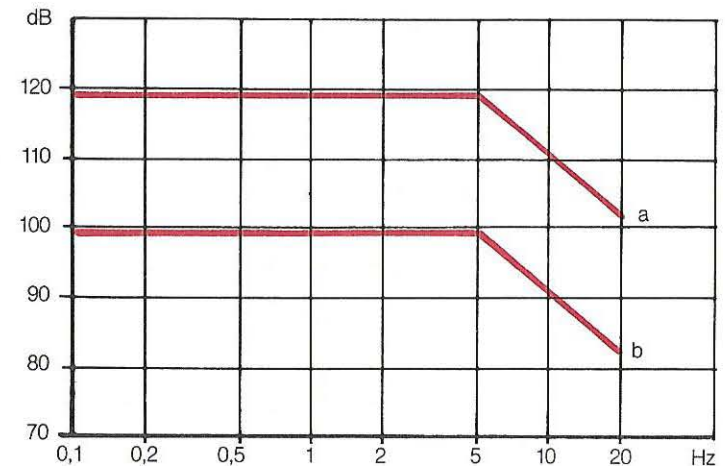
Sverige

I Sverige findes regler både for måling og maksimalt tilladeligt niveau. Infralyd skal måles med et målesystem, som dækker frekvensområdet 2 til 20 Hz lineært og infralydniveauet angives i dB(IL). Ved 8 timers daglig påvirkning tillades 110 dB(IL), mens der ved 1 times påvirkning pr. døgn tillades 130 dB(IL). Reglerne har været kritiseret, bl.a. fordi de ikke tager hensyn til, at frekvenser i den høje ende op mod 20 Hz er langt mere generende end frekvenser i den lave ende i nærheden af 2 Hz.

Reglerne er nu under revision, og i de seneste udkast til grænseværdier tages der hensyn til høretærskelen i infralydområdet.

USA

I USA har en arbejdsgruppe givet retningslinier vedrørende infralyd. Infralyd defineres her som lyd i frekvensområdet 0,1 - 20 Hz. De anbefalede maksimale påvirkningsniveauer er vist i figur 12. Hvis kurve b) ikke overskrides, sikres stort set at infralyden ikke er hørbar. De amerikanske retningslinier fortæller ikke hvordan infralyden skal måles, hvis der ikke er tale om rene toner. Det vil dog nok være rimeligt at benytte 1/3 oktaver.



Figur 12. Grænser i de amerikanske retningslinier. Kurve a) skal anvendes når den daglige påvirkningstid er under 1 minut, mens kurve b) benyttes når tiden er over 100 minutter. Ved tider mellem 1 og 100 minutter anvendes kurve a) fratrasket et antal dB, der kan beregnes som

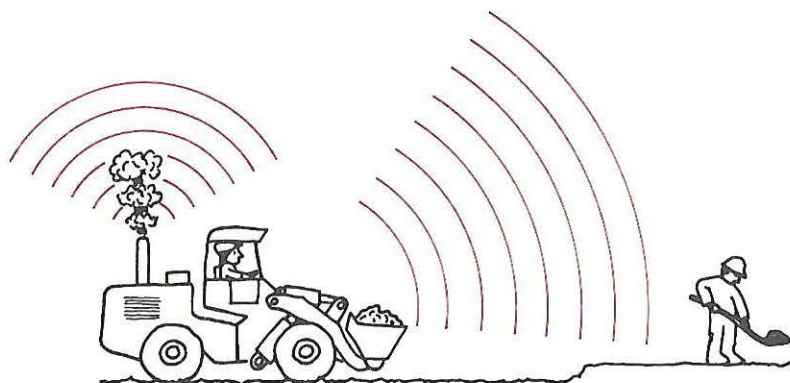
$$10 \log \frac{\text{påvirkningstid}}{1 \text{ minut}}$$

6. Hvordan undgås infralyd?

Almindelig støj

Støj kan normalt dæmpes på 3 måder:

1. Dæmpning af kilden, for eksempel ved direkte indgreb i den proces, som fremkalder støjen.
2. Dæmpning på udbredelsesvejen, for eksempel ved indkapsling og afskærmning af støjkilden og med lyd-absorberende loftsbeklædninger.
3. Personlig beskyttelse med høreværn.



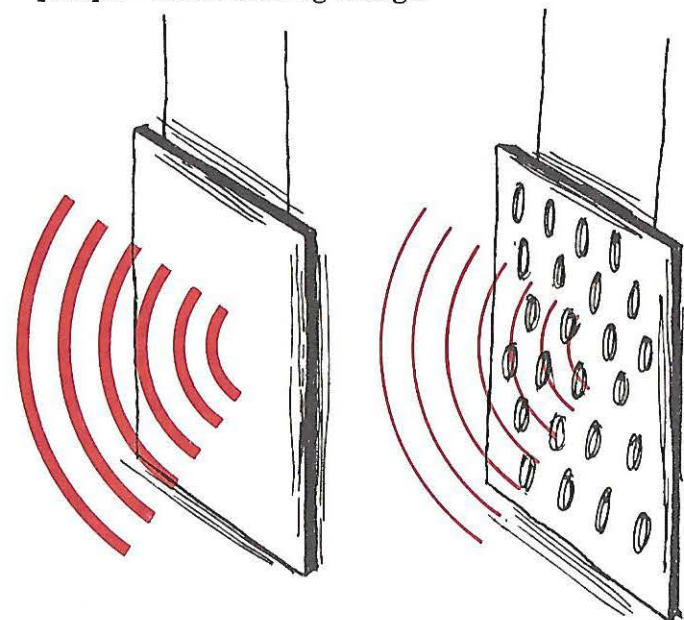
Figur 13. Støjsituationen bestående af støjkilde, udbredelsesvej og person udsat for støjen.

Infralyd

Jo lavere frekvens støjen har, jo mere uhindret udbredes den og jo vanskeligere er det at dæmpe den på udbredelsesvejen (2) eller ved beskyttelse med høreværn (3). Ved infralyd har almindelige høreværn (ørekopper og ørepropper) ingen støjdæmpende virkning. Indkapsling og afskærmning er også meget lidt virksomme ved infralydfrekvenser. Man er derfor som regel henvist til at dæmpe selve støjkilden ved at hindre, at infralyden opstår (1). I det følgende nævnes nogle eksempler herpå.

Perforerede plader

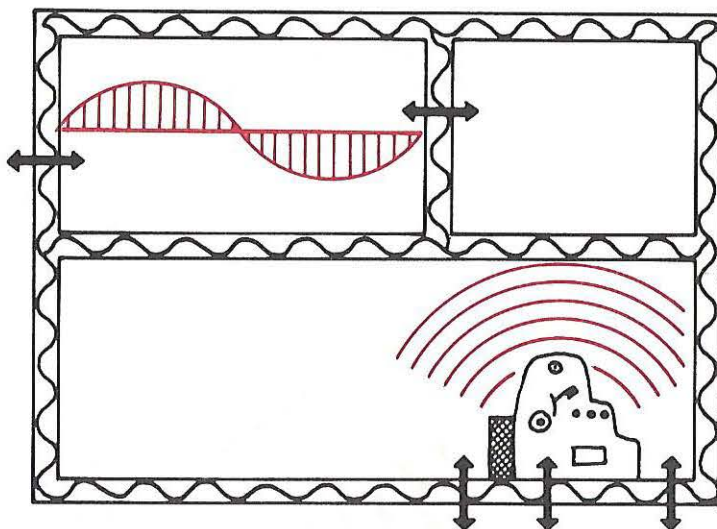
Infralyd opstår ofte ved, at store plader vibrerer og derved sætter luften i bevægelse, se figur 14a. Erstattes den massive plade med en perforeret plade, som i figur 14b, mindskes infralydudsendelsen. Dette skyldes, at luften kan nå at løbe gennem de små huller i den perforerede plade, så den ikke på samme måde som den massive »pumper« luften frem og tilbage.



Figur 14. Den perforerede plade udsender mindre lyd end den massive, når den vibrerer.

Vibrationsisolerering

Figur 15 viser en bygning, hvor en stor maskine ikke er tilstrækkeligt vibrationsisoleret fra resten af bygningen. Vibrationer med en bestemt frekvens forplanter sig gennem bygningen. I et rum, som uheldigvis har en dimension, der passer med bølgelængden for denne frekvens, opstår en »stående bølge« eller »resonans«, som kan give kraftig lavfrekvent støj eller infralyd. Problemet kan måske løses ved vibrationsisolerering af maskinen eller ved en lille ændring af vibrationsfrekvensen, f.eks. ændring af



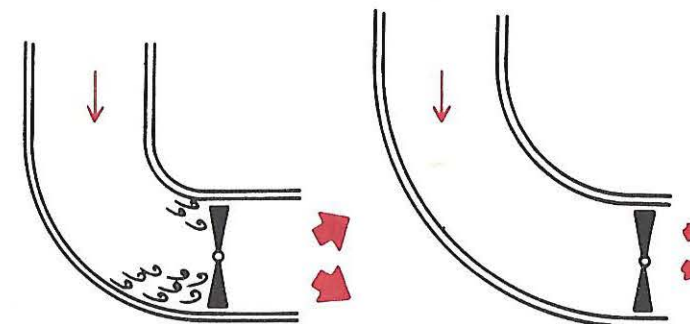
Figur 15. Bygning med utilstrækkeligt vibrationsisoleret maskine. Uheldigt sammenfald af vibrationsfrekvens og resonanser i bygningen giver høje niveauer af infralyd eller lavfrekvent støj.

maskinens omdrejningstal, således at resonansfænomenet ikke opstår.

Som nævnt kan ventilationsanlæg også give anledning til væsentlige niveauer af lavfrekvent støj og infralyd.

Konstruktions- ændringer

Ventilatoren i figur 16a sidder tæt ved en skarp bøjning, hvor luftstrømmen bliver forstyrret og giver kraftige hvirvler og dermed støj. Afrundes bøjningen, og flyttes ventilatoren bort fra bøjningen, mindskes hvirveldannelsen og dermed støjfrembringelsen, se figur 16b.



Figur 16. Kanaler med ventilator. Konstruktion a) er uheldig på grund af støj fra hvirveldannelse, medens problemet er mindsket i b).

Udover støj fra hvirveldannelse i ventilationskanalen vil der som regel komme en del infralyd fra selve ventilatoren. Dette kan skyldes ubalance i ventilatorens roterende del, men selv ved perfekt balance vil der kunne udsendes en del infralyd. For at dæmpe denne vil det være nødvendigt med konstruktive indgreb i ventilatoren, ændring af arbejds punkt eller lignende, som det ikke er muligt at komme nærmere ind på her.

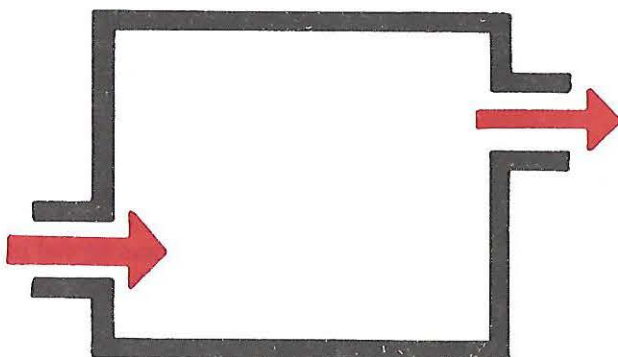
Store oliebrændere, som brænder ujævnt med pulserende flamme, udsender tit en del infralyd, som eventuelt kan forstærkes i skorstenen. Her kan infralyden ofte mindskes ved små konstruktionsmæssige ændringer, som samtidig kan give forbedret fyringsøkonomi.

Lyddæmpere

Infralyd og lavfrekvent støj fra store stempelmotorer og kompressorer kan mindskes med særlige lyddæmpere i indsugnings- og udblæsningskanalerne svarende til lyd-potten på en bil.

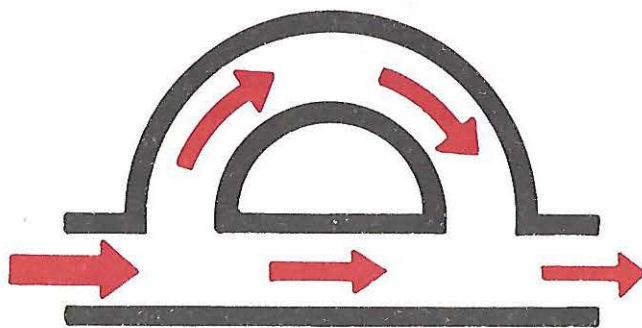
Der findes mange forskellige udformninger af lyddæmpere. I figur 17 a), b), og c) er vist nogle eksempler.

I a) ledes luften ind i en kasse et sted og ud igen gennem en kanal et andet sted. Luften i udblæsningskanalen kommer til at virke som en prop, der giver en dæmpning af lyden.



Figur 17 a)

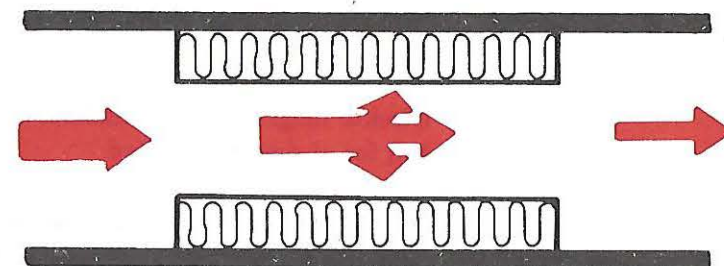
I b) ledes luften ad to kanaler med forskellig længde. En lydbølge vil tilsvarende dele sig i to dele, som senere mødes efter at være forsinket forskelligt på grund af den for-



Figur 17 b)

skellige vejlængde, de har gennemløbet. Hvis en lydbølge har en frekvens, så den lange udbredelsesvej er en halv bølgelængde længere end den korte vej, vil de to dele af lyden udslukke hinanden ved dæmperens udgang.

Lyddæmperen i c) består i princippet blot af en kanal med lydabsorberende materiale på væggene. Jo tykkere materialet er, jo lavere frekvenser dæmpes. Denne dæmper virker på den måde, at lydbølgerne absorberes og omdannes til varme i det lydabsorberende materiale.



Figur 17 c)

Fælles for de ovennævnte dæmpere gælder, at de for at være effektive overfor infralyd og lave frekvenser må gøres meget store. Det er desuden nødvendigt med ret nøjagtige beregninger for at sikre, at virkningen bliver som ønsket. I uheldige tilfælde kan forkert anvendte lyddæmpere forstærke lyden.

»Aktiv dæmpning«

En helt speciel måde at dæmpe støj på, er ved »aktiv dæmpning«. Ved at opstille en ekstra støjkilde, for eksempel en højttaler, der udsender en »antistøj«, er man i stand til at udslukke den oprindelige støj. Metoden har ikke været meget brugt hidtil, men det må formodes, at den bliver mere almindelig i fremtiden. I modsætningen til de almindelige dæmpere er dette princip særlig velegnet ved lave frekvenser.

7. Konklusion

- Infralyd er lydsvingninger i luft med frekvenser under 20 Hz.
- Infralyd med tilstrækkelig stor styrke kan høres.
- Hørbar infralyd kan virke stærkt generende.
- Virkninger af hørbar infralyd kan sidestilles med virkninger af almindelig støj.
- En »almindelig« støjmåler kan ikke bruges til måling af infralyd.
- Direkte indgreb i infralydkilden er ofte eneste mulighed for at dæmpe infralyd.
- Almindelige indkapslinger og afskærmninger har meget ringe dæmpende virkning ved infralyd.
- Høreværn er virkningsløse ved infralyd.